朱砂叶螨对三种杀螨剂的抗性选育与抗性风险评估

何　林，赵志模，邓新平，王进军，刘　怀，刘映红
（西南农业大学，农业部、重庆市昆虫学及害虫控制工程重点实验室，重庆　400716）

摘要：为评价朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* 对3种杀螨剂的抗性风险，在实验室抗性品系选育基础上，应用数量遗传学中的域性状分析法，研究了朱砂叶螨北碚种群对甲氰菊酯、阿维菌素和哒螨灵3种杀螨剂的抗性现实遗传力，并对3种药剂在不同杀死率下抗性发展的速率进行了预测。结果表明：分别单一连续汰选16代后，朱砂叶螨对甲氰菊酯、阿维菌素的抗性倍数分别达26.54和4.51倍，对哒螨灵表现为敏感性降低（抗性倍数为1.16倍）；朱砂叶螨对甲氰菊酯、阿维菌素和哒螨灵的抗性现实遗传力分别为0.2472，0.1519和0.0160。在室内选择条件下，杀死率为50%～90%时，要获得10倍抗性，甲氰菊酯仅需要13～6代，阿维菌素需要约21～10代；哒螨灵需要约197～89代；在田间选择，三种药剂都将需要更长的时间。抗性筛选16代结果表明，抗性风险较高的是菊酯类的甲氰菊酯，其次是生物源农药阿维菌素，杂环类的哒螨灵抗性风险较小。试验结果可为朱砂叶螨抗性治理提供参考。

关键词：朱砂叶螨；杀螨剂；抗性；现实遗传力；抗性风险评估
中图分类号：Q965.9　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296（2002）05-0688-05

Selection and risk assessment of resistance to fenpropathrin，abamectin and pyridaben in *Tetranychus cinnabarinus*

HE Lin，ZHAO Zhi-Mo，DENG Xin-Ping，WANG Jin-Jun，LIU Huai，LIU Ying-Hong（Key Laboratory of Entomology and Pest Control Engineering of the Ministry of Agriculture and Chongqing，Southwest Agricultural University，Chongqing 400716，China）

Abstract: *Tetranychus cinnabarinus*（Boiduval），originating from Beibei，Chongqing，were continuously selected for resistance to fenpropathrin，abamectin and pyridaben. After 16 generations，resistance to fenpropathrin，abamectin and pyridaben had increased by 26.54-，4.51-，and 1.16-fold，respectively. The realized heritability of resistance and resistance risk of *T*. *cinnabarinus* to these three acricides were evaluated using threshold trait analysis. The realized heritability of resistance to fenpropathrin，abamectin，and pyridaben was 0.2472，0.1519，and 0.0160，respectively. Theoretically，to obtain a 10-fold increase in resistance requires 13－6 generations for fenpropathrin，21－10 generations for abamectin，and 197－89 generations for pyridaben under selective pressure of 50%－90% mortality for each selective generation. Field populations would be expected to require more generations to obtain the same resistance levels. Of these three acaricides，the resistance risk was highest for fenpropathrin followed by abamectin and pyridaben. These results provide some basis for the management of pesticide resistance in *T*. *cinnabarinus*.

Key words: *Tetranychus cinnabarinus*；acricides；resistance；realized heritability；risk assessment

抗药性风险评估一直是有害生物抗药性研究中的重要内容。它是对一定应用环境中使用农药引起抗性的可能进行预测。任何一种新药剂在大面积推广应用或害虫产生明显抗性以前，通过在室内杀虫剂对害虫进行抗性筛选，来评估抗性风险，可为该药剂在生产上科学合理利用，延长药剂的使用寿命和开展预防性抗性治理提供依据（林祥文和沈晋良，2001）。在过去的四五十年中，人们通过抗性机理，抗性遗传方式和计算机模拟等方面的大量研究工作，明确了影响抗性发展的各类因子，并对它们的作用作了直接或间接的评估，这为开展抗性风险评估奠定了基础（韩启发等，1995）。但是，人们管理有害生物抗性种群和预测抗性变化的能力受到了对抗性基因理解局限性的限制。准确预测敏感

基金项目：国家自然科学基金资助项目（39970493）
第一作者简介：何林，男，1972年12月生，在读博士生，讲师，从事农药毒理与应用技术方面的研究工作，E-mail：epcl@swau.cq.cn
收稿日期 Received：2001-12-24；接受日期 Accepted：2002-05-21

种群发展成为抗性种群的动态变化尤其困难。Taylor 等运用群体遗传学模型提高了抗性风险评估的准确性，但模型的应用受到了限制，因为这些模型的建立需要假设抗性是单基因性状，而很多抗性系统是不能仅用单基因性状来进行模拟的（Firko and Hayes，1990）。

用数量遗传的方法来进行抗性风险评估，得出的结论可能更加准确。因为在许多情况下，抗药性是一种数量性状，是由一个主要基因和数个微效基因共同起作用的（茹李军等，1997）。数量遗传学分析方法的根本在于不是将抗性性状视为一种质量性状，而认为是一种数量性状，即该性状的表达与环境因子和具有一个或多个等位基因的单基因座或多基因座的作用相关，因而不受基因数量和抗性发生的机理等限制。运用这种方法可以对抗性遗传变异的速率、变异的潜在范围以及与抗性相关的适合度性状遗传变异的方向、速率等作出预测。

抗性遗传力的分析方法有多种，如同胞分析法，子代-亲代回归分析法，域性状分析法等。前两种方法需要复杂的实验设计，而域性状分析法相对简单，适于短期选择实验分析。作者采用 Tabashnik（1992）的域性状分析法，比较了朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus*（Boiduval）北碚种群对甲氰菊酯、阿维菌素和哒螨灵 3 种杀螨剂的抗性发展及抗性现实遗传力，并在抗性现实遗传力的基础上进行了抗性风险评估，危害螨抗性治理提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　供试药剂

选用目前生产实际中常用的杀螨剂作为试验药剂，即 20% 甲氰菊酯乳油，重庆井口农药厂；15%哒螨灵乳油，江苏克胜集团股份有限公司；1.8%阿维菌素（阿巴丁）乳油，河南新霸王化工有限公司。

1.2　抗性筛选和生物测定

1.2.1　试验种群：把采自重庆市北碚区田间的朱砂叶螨（约 1 200 头）移接到盆栽豇豆苗上，温室内饲养 60 代。将这一室内种群分为 4 个部分，其中一部分不喷药，作为敏感品系；另 3 部分分别用甲氰菊酯，阿维菌素，哒螨灵单一连续处理。分别筛选 16 代后，获得甲氰菊酯抗性品系（FeR）、阿维菌素抗性品系（AbR）和哒螨灵抗性品系（PyR）。

1.2.2　抗性培育和生物测定：从敏感品系开始培育朱砂叶螨的抗药性品系。用所选 3 种杀螨剂，以种群死亡率 70%左右的选择压力，用长江-08 型喷雾器喷洒药剂。喷药 24 h 后将存活的叶螨个体转移到新的豇豆苗上，并同时记录死亡率。待存活个体在新的豇豆苗上产卵 1～2 天后，再移走存活个体，让同一代卵发育成新的成熟个体，并再一次喷药。

朱砂叶螨生物测定采用 FAO 推荐的玻片浸渍法。为减少因试验个体受药不均匀带来的误差，生测时所选个体均为 3～5 日龄的健康雌成螨，并且在浸药 5 s 后立即用小块滤纸或吸水纸的边缘迅速吸干附在螨体和粘胶表面的药液。各抗性品系的 LC_{50}分别在第 4（F_4）、第 8（F_8）、第 12（F_{12}）和第 16（F_{16}）代各测定一次；3 种杀螨剂对敏感品系的 LC_{50}都分别在筛选前（F_0）测定一次。

1.3　现实遗传力（h^2）的估算

抗性现实遗传力（realized heritability）的估算采用 Tabashnik（1992）的域性状分析方法：$h^2 = R/S$，h^2 为现实遗传力；R 为选择反应，表示子代平均表现型值与整个亲本群体平均表现型值之差，$R = [\log(终 LC_{50}) - \log(初LC_{50})]/n$，$n$ 为选择代数；S 为选择差，表示受选亲本平均表现型值与整个亲本群体的平均表现型值之差，$S = i\delta_p$；i 为选择强度，$i \approx 1.583 - 0.0193336p + 0.0000428p2 + 3.65194/p$（$10 < P < 80$）；$P = 100\% -$ 平均校正死亡率（抗性培育过程中各代死亡率用 Abbott 公式校正后的平均值）；δ_p 为表型标准差，$\delta_p = [1/2(初斜率 + 终斜率)]^{-1}$。

1.4　抗性风险评估

根据 $R = [\log(终 LC_{50}) - \log(初 LC_{50})]/n$ 变型可得，$R = \log(终 LC_{50}/初 LC_{50})/n$，当用药剂汰选产生 10 倍抗性（即终 LC_{50}/初 LC_{50} = 10）时，所需的汰选代数 $G = \log10/R = 1/R$。选择强度不同，抗性发展速率也不一样，我们针对不同的选择强度，即药剂对朱砂叶螨杀死率达 50%，60%，70%，80%和 90%的情况，对抗性增加 10 倍所需的代数进行了预测。

2　结果与分析

2.1　抗性培育实验结果

甲氰菊酯、阿维菌素和哒螨灵对朱砂叶螨进行抗性选育的试验结果见表1。用甲氰菊酯、阿维菌素和哒螨灵分别对朱砂叶螨选择16代后，朱砂叶螨对3种药剂产生了不同的反应：对甲氰菊酯已达中抗水平（抗性倍数已达26.54倍）；对阿维菌素已近于低抗水平（抗性倍数为4.51倍）；对哒螨灵还未产生抗性，表现为敏感性降低（抗性倍数为1.16倍）。朱砂叶螨对3种杀螨剂的抗性发展速率依次为甲氰菊酯＞阿维菌素＞哒螨灵。朱砂叶螨对菊酯类药剂的抗性发展速率明显快于生物源农药和杂环类药剂，这与实际应用结果是一致的。拟除虫菊酯类杀虫（螨）剂具有高效、广谱的特点，可用于多种害虫（螨）的防治，但害虫（螨）对这类药剂抗性产生快，交互抗性谱广等问题在很大程度上阻碍了这类药剂的发展。如Cochran（1987）在用二氯苯醚菊酯及腈氯苯醚菊酯选择德国蜚蠊对拟除虫菊酯的抗性时，发现对拟除虫菊酯的抗性产生快，用上述任何一种药剂选择，敏感品系在6～7代内就可产生抗性，产生抗性的品系对丙烯菊酯、苯醚菊酯等也产生了抗性；阿维菌素虽然是新型生物源农药，但通过连续单一用药，害虫（螨）仍可对其产生抗性（Wright *et al.*，1995；吴青君等，2000；梁沛等，2001）；实验中未能筛选出抗哒螨灵品系，可能是由于北碚种群缺乏哒螨灵抗性基因，不能产生抗性或筛选代数不够，还未产生抗性所致（唐振华和吴士雄，2000）。

表1 3种杀螨剂对朱砂叶螨北碚种群的抗性筛选

Table 1 The selection of resistance to three acaricides in *Tetranychus cinnabarinus* from Beibei，Chongqing

药剂 Acaricides	筛选代数 Number of generations selected	毒力回归线 LC-p line	LC_{50}（mg/L）（95%置信限） LC_{50}（95% confidence limit）	抗性倍数 Increase in resistance relative to original level
甲氰菊酯	F_0	$y=-3.9653+3.1402x$	716.0956（671.5555～760.6357）	1
fenpropathrin	F_4	$y=-0.1394+1.6551x$	1274.2644（1159.5015～1389.0273）	1.78
	F_8	$y=-0.3692+1.6552x$	1753.3754（1601.2789～1905.4719）	2.45
	F_{12}	$y=2.3128+0.6840x$	8485.4545（6769.8549～10201.0541）	11.85
	F_{16}	$y=-2.8898+1.8439x$	19004.2584（17443.9087～20564.6081）	26.54
阿维菌素	F_0	$y=9.9710+2.6813x$	0.0140（0.0130～0.0150）	1
abamectin	F_4	$y=10.9510+3.1022x$	0.0121（0.0116～0.0126）	0.86
	F_8	$y=10.8421+3.5761x$	0.0232（0.0223～0.0241）	1.66
	F_{12}	$y=11.5204+5.1826x$	0.0552（0.0536～0.0568）	3.94
	F_{16}	$y=9.1025+3.4210x$	0.0632（0.0604～0.0660）	4.51
哒螨灵	F_0	$y=-1.5788+3.6763x$	61.5906（59.1967～63.9845）	1
pyridaben	F_4	$y=-11.2364+7.9699x$	108.9460（106.9389～110.9531）	1.56
	F_8	$y=-19.3945+11.6798x$	122.6360（121.0902～124.1818）	1.75
	F_{12}	$y=-16.9082+10.9878x$	98.5973（97.2944～99.9002）	1.41
	F_{16}	$y=-3.8453+4.6301x$	81.3583（78.7827～83.9339）	1.16

2.2 朱砂叶螨对甲氰菊酯、哒螨灵和阿维菌素抗性现实遗传力

朱砂叶螨对3种杀螨剂的抗性现实遗传力的估算结果见表2。朱砂叶螨对3种杀螨剂的抗性现实遗传力从大到小依次为：甲氰菊酯（$h^2=0.2472$）＞阿维菌素（$h^2=0.1519$）＞哒螨灵（$h^2=0.0160$）。这一结果与抗性测定是相符的。可见害虫（螨）对药剂的抗性现实遗传力越大，则对药剂的抗性发展速率也越快。遗传力的估计是指一个性状从一代遗传到下一代的程度，在影响表现型值的诸多因子中只有加性遗传值是可固定、遗传的，只有它才会对后代的性状产生影响。因此，狭义遗传力（h^2）被定义为加性遗传方差与整个表型方差的比率。朱砂叶螨对3种杀螨剂遗传力的不同导致了对3种杀螨剂抗性发展速率的差异。同时，从表2中朱砂叶螨对3种杀螨剂的选择反应可以看出，北

碚种群抗甲氰菊酯基因频率较高（$R = 0.089$）；抗阿维菌素次之（$R = 0.041$）；对哒螨灵的选择反应几近于 0（$R = 0.004$），表明种群中可能没有抗哒螨灵基因，即使有，也非常低（样本量 > 1 000 头，排除取样时漏掉抗性基因的可能）。

表 2　朱砂叶螨对 3 种药剂的抗性现实遗传力

Table 2　Estimation of realized heritability (h^2) of resistance to three acaricides in *Tetranychus cinnabarinus* from Beibei, Chongqing

品系 Strain	平均选择反应 Estimate of mean response			平均选择差异 Estimate of mean selection differential						现实遗传力 h^2
	初 LC_{50}（log） Initial LC_{50}（log）	终 LC_{50}（log） Final LC_{50}（log）	选择反应 R	成活率 P	选择强度 i	初斜率 Initial slope	终斜率 Final slope	标准差 δp	选择差异 S	
FeR	2.85	4.28	0.089	44.0	0.90	3.14	1.84	0.40	0.36	0.2472
AbR	−1.85	−1.20	0.041	51.5	0.77	2.68	3.42	0.33	0.27	0.1519
PyR	1.84	1.91	0.004	36.2	1.04	3.68	4.63	0.24	0.25	0.0160

FeR：甲氰菊酯抗性品系 Fenpropathrin resistance strain；AbR：阿维菌素抗性品系 Abamectin resistance strain；PyR：哒螨灵抗性品系 Pyridaben resistance strain

2.3　抗药性风险评估

根据试验得出的现实遗传力值（h^2），假设三种药剂的杀死率分别为 50%、60%、70%、80%和 90%，对抗性提高 10 倍（假设筛选前后毒力回归线斜率为 2.5，即 $\delta p = 0.4$）所需的代数进行预测，结果如图 1。

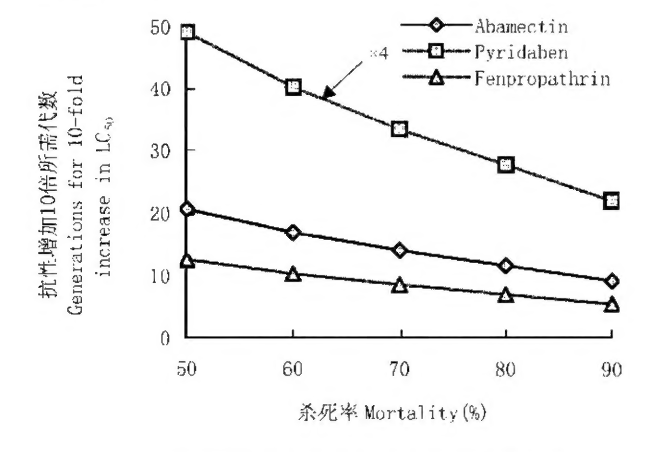


图 1　朱砂叶螨在不同杀死率下抗性发展速率

Fig. 1　Development rates of resistance to three acaricides at different rates of mortality in *Tetranychus cinnabarinus* from Beibei, Chongqing

哒螨灵纵坐标缩小 4 倍 The *y* axis was shortened by 4 times for pyridaben

朱砂叶螨的抗药性发展速率随药剂杀死率和现实遗传力的提高而加快。假设抗性遗传力为实验值，杀死率分别为 80% ~ 90%，预计抗性增长 10 倍时，甲氰菊酯可使用 8 ~ 6 代，阿维菌素可使用 12 ~ 10 代，哒螨灵可使用 112 ~ 89 代；在田间的实际 h^2 可能比环境方差相对较小的室内选择种群的估计 h^2 偏低，因此预计在田间产生 10 倍抗性时 3 种杀螨剂所需时间可能更长。但无论是在实验室还是在田间选择，在相同的环境中，北碚种群对甲氰菊酯的抗性风险较高，对生物源农药阿维菌素也存在一定的抗性风险，而杂环类药剂哒螨灵的抗性风险小于前两种药剂。

3　讨论

3.1　影响害虫种群抗性现实遗传力估计值的因素

根据估计现实遗传力的原理和公式，可知现实遗传力值常受到以下几方面的影响：试验个体受药不均匀；亚致死剂量对处理后存活个体的影响；雌雄虫受不等选择（莫建初和唐振华，1997）。试验个体受药不均匀（如本试验采用的浸渍法），可能导致现实遗传力被低估；亚致死剂量对处理后存活个体的影响（如影响昆虫的繁殖，使得受影响的成虫产卵量显著高于未受药成虫）可能导致高估现实遗传力，但在本试验中未发现忍耐力大的个体有明显的产卵量增加的行为，另外，如果忍耐力大的个体生殖力也大，那么随着抗性的增加，抗性种群的生殖力也会增加（Bloch and Wool，1994），但结合敏感与抗性种群生命表的观察，未发现有这一倾向；叶螨具单雌产雄现象，因此在药剂作用下，种群中的杂活子可能产下敏感的单倍体雄虫，若抗性为显性，则这种特性可能会降低选择强度，导致 S 被高估和 h^2 被低估。由以上分析可看出，较多的因素导致最后现实遗传力值被低估，因此，我们有理由认为本试验所得的朱砂叶螨实验品系现实遗传力值为较低现实遗传力。

3.2 朱砂叶螨抗药性遗传学研究

叶螨是危害农作物的主要害螨之一。近年来，叶螨对杀虫剂和杀螨剂的抗性发展问题日益受到人们的重视。到1980年，世界上已有38种农业害螨对杀虫（螨）剂产生了抗药性（武予清等，1994）。有关农业害螨的抗药性遗传学研究，国内外都有一些报道，如Keena等和Granett（1990）对太平洋叶螨和二点叶斑螨抗克螨特的遗传研究，Hoy等（1988）对太平洋叶螨抗三环锡的遗传研究，吴孔明等（1994）对朱砂叶螨抗氧化乐果的遗传研究。运用有关数量遗传学的原理和方法研究抗药性遗传力并进而做出抗药性风险评估，国内外针对害虫抗药性做了不少工作，如Tabashnik（1992）估计了抗Bt的小菜蛾，烟芽夜蛾，马铃薯叶甲的现实遗传力；Bloch等和Wool（1994）估计了以色列抗甲噻硫磷的木薯粉虱的现实遗传力；韩启发等（1995）估计了二化螟抗杀螟硫磷的现实遗传力；茹李军等（1997）、林祥文等（2001）分别估计了棉铃虫对拟除虫菊酯类杀虫剂和辛硫磷的抗性现实遗传力。而针对害螨抗性现实遗传力及抗药性风险评估的研究，国内外少有报道。本文采用数量遗传学中的域性状分析法，在室内筛选抗性16代的基础上，估计了朱砂叶螨北碚种群抗甲氰菊酯、阿维菌素和哒螨灵的现实遗传力，并预测了朱砂叶螨对3种杀螨剂的抗性风险。尽管估计和预测结果并不可能直接应用于田间情况，但反应了朱砂叶螨对3种药剂抗性发展的趋势，即在室内同等单一选择16代情况下，朱砂叶螨北碚种群抗哒螨灵现实遗传力小于抗甲氰菊酯和抗阿维菌素，抗阿维菌素现实遗传力小于抗甲氰菊酯。因此，应用杂环类药剂哒螨灵防治朱砂叶螨，抗药性风险将小于应用甲氰菊酯和阿维菌素；而生物源农药阿维菌素的抗性风险又小于甲氰菊酯。这些结果可为朱砂叶螨的抗药性治理提供理论依据。

参 考 文 献 (References)

Bloch G, Wool D, 1994. Methidathion resistance in the sweetpotato whitefly (Aleyrodidae: Homoptera) in Israel: Selection, heritability, and correlated changes of esterase activity. *J. Econ. Entomol.*, 87 (5): 1 147 – 1 156.

Cochran D G, 1987. Selection for pyrethroid resistance in the German cockroach. *J. Econ. Entomol.* 80 (6): 1 117 – 1 121.

Firko M J, Hayes J L, 1990. Quantitative genetic tools for insecticide resistance risk assessment: estimation the heritability of resistance. *J. Econ. Entomol.*, 83 (3): 647 – 654.

Han Q F, Zhuang P J, Tang Z H, 1995. Estimation of realized heritability of resistance to fenitrothion in the rice stem borer *Chilo suppressalis*. *Acta Entomologica Sinica*, 38 (4): 402 – 406. [韩启发，庄佩君，唐振华，1995. 抗杀螟硫磷二化螟的抗性遗传力研究. 昆虫学报, 38 (4): 402 – 406]

Hoy M A, Conley J, Robinson W, 1988. Cyhexatin and fenbutatin-oxide resistance in Pacific spider mite: stability and mode of inheritance. *J. Econ. Entomol.*, 81 (1): 57 – 64.

Keena M A, Granett J, 1990. Genetic analysis of propargite resistance in Pacific spider mites and two spotted spider mites (Acari: Tetranychidae). *J. Econ. Entomol.*, 83 (3): 655 – 661.

Liang P, Gao X W, Zheng B Z, Dai H B, 2001. Study on resistance machanisms and cross-resistance of abamectin in diamondback moth *Plutella oxylostella* (L.). *Chinese Journal of Pesticide Science*, . 3 (1): 41 – 45. [梁沛，高希武，郑炳宗，戴洪波，2001. 小菜蛾对阿维菌素的抗性机制及交互抗性研究. 农药学学报, 3 (1): 41 – 45]

Lin X W, Shen J L, 2001. Risk assessment and prediction of resistance to phoxim in *Helicoverpa armigera*. *Acta Entomologica Sinica*, 44 (4): 462 – 468. [林祥文，沈晋良，2001. 棉铃虫对辛硫磷抗性的风险评估与预报. 昆虫学报, 44 (4): 462 – 468]

Mo J C, Tang Z H, 1997. Application of quantitative genetics on research of evolution of insect resistance. *Entomological Knowledge*, 34 (3): 183 – 186. [莫建初，唐振华，1997. 数量遗传学在害虫抗性进化研究中的应用. 昆虫知识, 34 (3): 183 – 186]

Ru L J, Fan X L, Lu M G, Zhao J Z, Wei C, 1997. Realized heritability of resistance to pyrethroids in *Helicoverpa armigera*. *Acta Phytophylacica Sinica*, 24 (4): 356 – 360. [茹李军，范贤林，卢美光，赵建周，魏岑，1997. 棉铃虫对拟除虫菊酯类杀虫剂抗性遗传力的分析. 植物保护学报, 24 (4): 356 – 360]

Tabashnik B E, 1992. Resistance risk assessment: realized heritability of resistance to *Bacillus thuringiensis* in diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae), tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae), and colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *J. Econ. Entomol.*, 85 (5): 1 551 – 1 559.

Tang Z H, Wu S X, 2000. Heredity and Evolution of Insect Resistance to Pesticides. Shanghai: Shanghai Publishing House of Scientific and Technical Documentation. 315 – 317. [唐振华，吴士雄，2000. 昆虫抗药性的遗传与进化. 上海科学技术文献出版社. 315 – 317]

Wu K M, Liu Q X, 1994. Omethoate-resistant carmine spider mite (*Tetranychus cinnabarinus* (Boiduval)): selection of r-strain and genetic analysis. *Acta Ecologica Sinica*, 14 (4): 392 – 396. [吴孔明，刘芹轩，1994. 朱砂叶螨抗氧化乐果品系选育及遗传分析. 生态学报, 14 (4): 392 – 396]

Wu Q J, Zhang W J, Zhang Y J, Xu B Y, Zhu G R, 2000. Biotic fitness of abamectin susceptible and resistance strain of *Plutella xylostella* L. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 2 (1): 36 – 40. [吴青君，张文吉，张友军，徐宝云，朱国仁，2000. 敏感和抗阿维菌素小菜蛾的生物适合度. 农药学学报, 2 (1): 36 – 40]

Wu Y Q, Liu Q X, 1994. Review on inheritance of pesticide resistance in phytophagous spider mites. *Hereditas*, 16 (5): 45 – 48. [武予清，刘芹轩，1994. 植食叶螨抗药性遗传学研究的进展. 遗传, 16 (5): 45 – 48]